

# Los Basaltos Horizontales de Agulo (La Gomera).

## *The Horizontal Basalts of Agulo (La Gomera).*

R. Herrera, E. Ancochea y M.J. Huertas <sup>(1)</sup>,

<sup>(1)</sup> Departamento de Petrología y Geoquímica. Univ. Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

### ABSTRACT

The "Horizontal Basalts" in the Agulo area are made up of a more than 600m thick succession of basaltic flows that filled a SW-NE trending paleo-valley. Compositions vary between picrite and trachybasalt. The lithologic and geochemical variability of these rocks indicates that they were generated mainly by fractional crystallization. The recognition of several evolution cycles suggests the involvement of other processes that modify the general fractional crystallization trend.

**Key words:** Horizontal Basalts, fractional crystallization, La Gomera, Canary Islands.

Geogaceta, 32 (2002), 67-70  
ISSN:0213683X

### Introducción y encuadre geológico

La Gomera es la única isla del archipiélago canario que no ha desarrollado actividad volcánica durante el Cuaternario. Las unidades más modernas están formadas por coladas basálticas e intercalaciones de domos y coladas sálicas. Bravo (1964) distinguió dos unidades basálticas recientes, que de mayor a menor edad eran: los Basaltos Horizontales y los Basaltos Subrecientes. Posteriormente ambas unidades fueron agrupadas en una única denominada Basaltos Subrecientes (Cendrero, 1971; Cubas, 1978 y Rodríguez Losada, 1988). Las edades obtenidas por Cantagrel et al. (1984) para las unidades recientes, tanto las basálticas como las sálicas, varían fundamentalmente entre 4,6 y 4,0 Ma, sin que se aprecien diferencias de edad entre las rocas que pertenecen a una u otra unidad reciente.

Los Basaltos Horizontales (Bravo, 1964) constituyen una unidad formada por una sucesión de coladas potentes, prácticamente horizontales y paralelas, con escasos niveles piroclásticos, que cubre una gran extensión superficial en las zonas norte y centro de La Gomera. Se trata de una unidad poco estudiada, que sólo ha sido descrita de forma somera en trabajos generales de toda la isla (Bravo, 1964) o en estudios concretos sobre otras unidades (Cendrero, 1971; Cubas, 1978 y Rodríguez Losada, 1988).

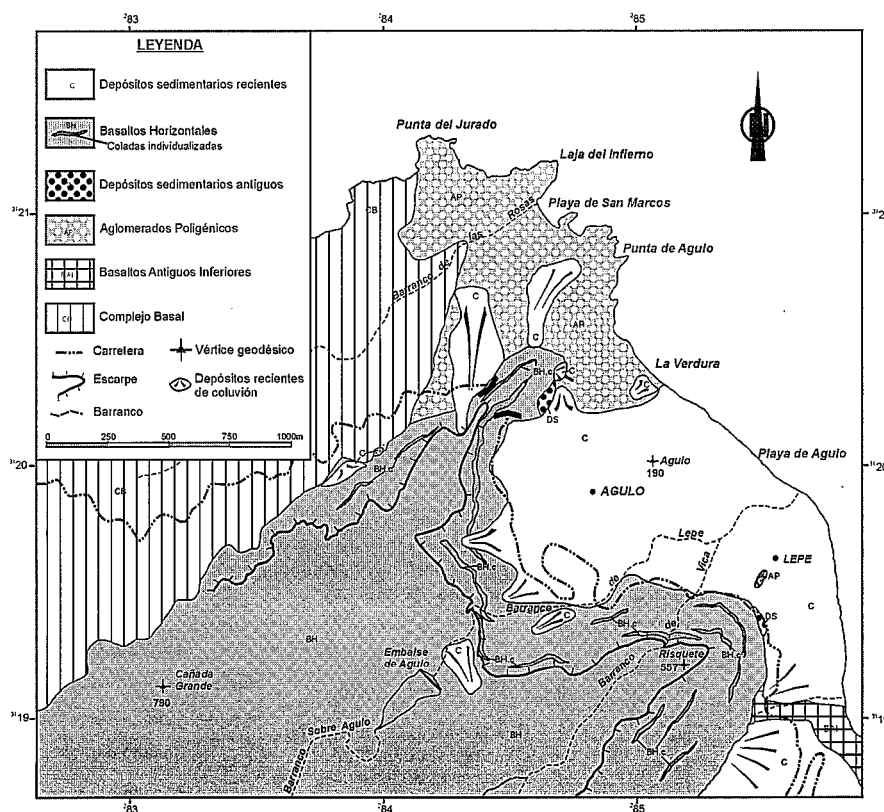


Fig. 1.- Mapa geológico del sector de Agulo.

Fig. 1.- Geologic map of the Agulo area.

### Los Basaltos Horizontales en el sector de Agulo

Hemos realizado un estudio detallado de los Basaltos Horizontales en el sector

de Agulo (NE de la isla), cuyos resultados presentamos aquí. En esta zona (fig. 1) los Basaltos Horizontales se apoyan sobre diferentes unidades: sobre el Complejo Basal y los Aglomerados Poligénicos

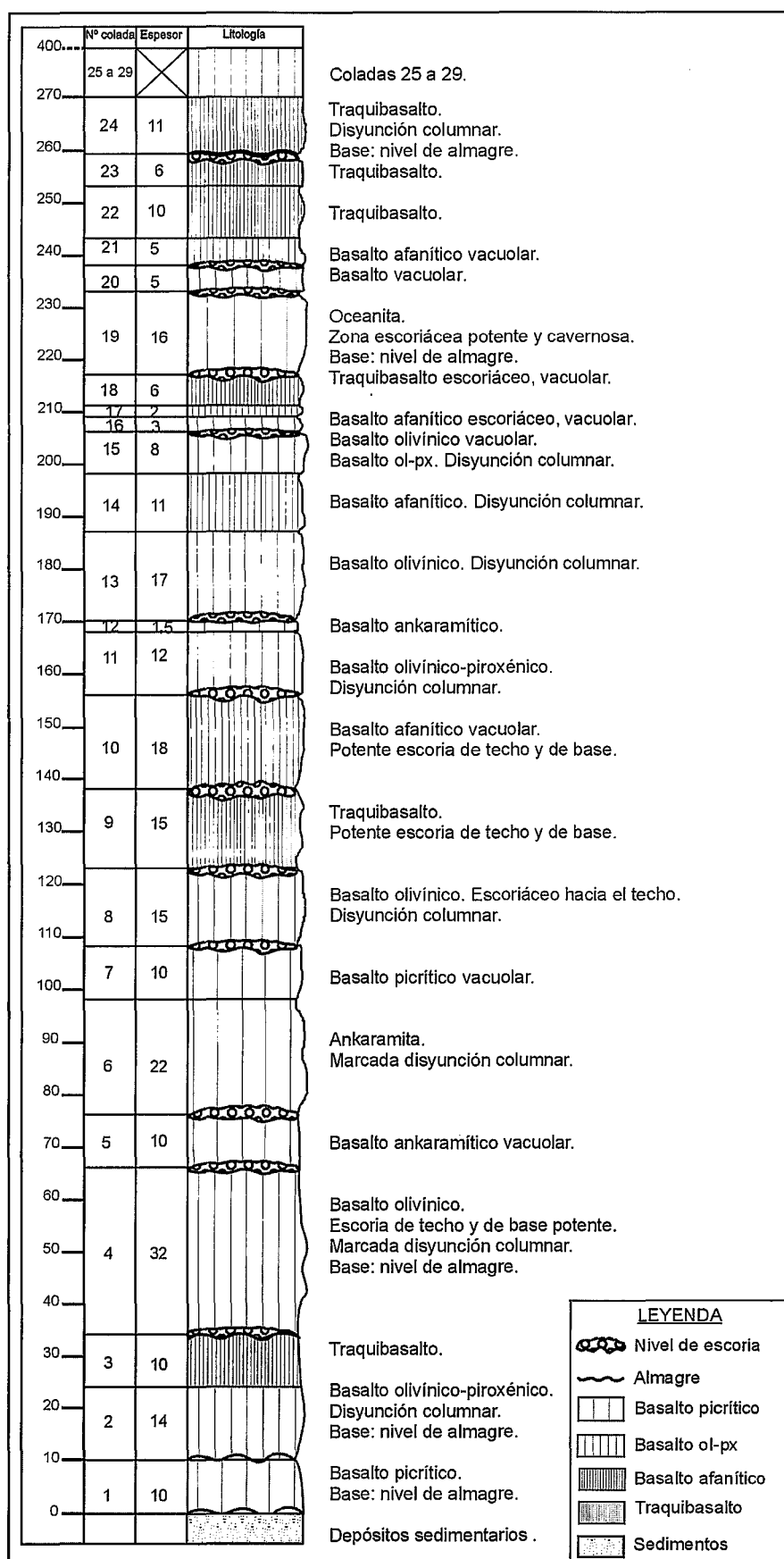


Fig. 2.- Columna volcanoestratigráfica de los Basaltos Horizontales de Agulo.

Fig. 2.- Volcanoestratigraphic column of the Agulo horizontal basalts.

cos en la parte Norte y sobre el Complejo Basal y los Basaltos Antiguos Inferiores en la Sur. Rellenan una paleodepresión de dirección SO-NE, que desde el centro de la isla llega hasta el mar. Su dirección es subparalela al contacto Complejo Basal - Serie Antigua inferior. Esta antigua depresión está rellena en primer lugar por depósitos de barranco que en algunos puntos alcanzan varios metros de espesor y, a continuación, por los Basaltos Horizontales.

La sucesión volcánica está constituida por más de 600 metros de gruesas coladas de composición basáltica a traquibasáltica. Presentan una ligera inclinación hacia el NE, posiblemente paralela a la inclinación del antiguo paleovalle.

La erosión ha afectado de forma intensa este sector tras la deposición de los Basaltos Horizontales. Estos han actuado como unidad resistente, de forma que el relieve actual es un relieve invertido en el que la zona más elevada la constituyen los Basaltos Horizontales, flanqueados por dos valles subparalelos entre sí y a su vez al paleovalle: el valle de Hermigua al Sur y el barranco de Las Rosas al Norte.

El frente actual de la sucesión de coladas lo constituye un cortado con forma de hemiciclo, abierto hacia el mar (hacia el NE), en cuyo fondo se acumulan los restos de los sucesivos desplomes que han provocado el retroceso del frente. El punto más bajo del relleno lávico se encuentra hoy situado a unos 150-200 m sobre el nivel del mar.

Dicho cortado permite analizar casi de forma continua la sucesión volcánica. Se han reconocido y descrito 29 coladas a lo largo de un corte de aproximadamente 300 metros de altura. Sus características generales quedan reflejadas en la columna volcanoestratigráfica (fig. 2). La potencia de las coladas varía entre 2 y 30 metros y normalmente desarrollan disyunción columnar. Suelen presentar escoria de base y de techo, que en la mayoría de los casos se confunden la una con la otra. Este hecho es un reflejo de la rapidez con la que se han emitido estas coladas, sin tiempo para que se destruya la escoria de techo o se forme un suelo. Sólo se reconocen signos de interrupción de la actividad volcánica en tres puntos a lo largo de la sucesión lávica, puesta de manifiesto por la formación de almagres, todos ellos en la base de la serie (bajo las coladas 1, 2 y 4; fig. 2). Cantagrel et al (1984) dataron la base y el techo de esta sucesión volcánica, obteniendo edades de  $4,35 \pm 0,15$  y  $4,30 \pm 0,1$  Ma respectivamente.

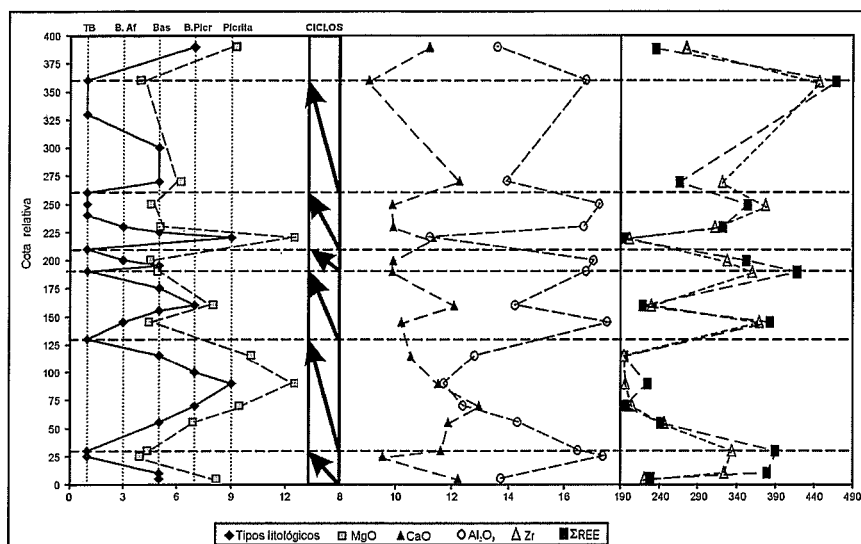


Fig. 3.- Ciclos evolutivos y variación en la vertical de los tipos litológicos y del contenido en MgO, CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Zr y  $\Sigma\text{REE}$ .

Fig. 3.- Evolutive cycles and variation of lithology and MgO, CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Zr and  $\Sigma\text{REE}$  contents with elevation.

### Características composicionales

Las rocas estudiadas presentan una variabilidad composicional moderada. El 6% de los términos corresponden a picritas, el 12% a basaltos picrícticos, el 28% son basaltos olivínicos, el 13% basaltos olivínico-piroxénicos, el 13% basaltos afaníticos y el 28% restante se clasifican como traquibasaltos (siguiendo la nomenclatura propuesta por Ancochea et al., 1993).

Las picritas y todos los tipos de basaltos, salvo los afaníticos, poseen textura porfídica, con fenocristales de olivino y piroxeno en proporciones variables (entre el 5% y el 25% de olivino y hasta el 20% de piroxeno) y una matriz constituida por plagioclasa, piroxeno y minerales opacos. Dentro de los basaltos afaníticos y los traquibasaltos se distinguen dos tipos texturales: hipocrystalinos inequigranulares y holocrystalinos con tendencia equigranular y fluidal. Están compuestos principalmente por plagioclasa y minerales opacos, con algo de piroxeno y olivino; este último es muy escaso o inexistente en los traquibasaltos.

Se ha realizado análisis de elementos mayores y traza de 18 muestras representativas de las 32 recogidas y análisis químicos de minerales mediante microsonda de electrones en 17 rocas.

Las fases minerales que componen estas rocas son olivino foverítico, clinopiroxeno diopsídico, plagioclasa cálcica y minerales opacos. La composición de los núcleos de los fenocristales de olivino varía entre  $\text{Fo}_{86}$  y  $\text{Fo}_{80}$ . En la ma-

triz la variación composicional es mayor, de  $\text{Fo}_{87}$  a  $\text{Fo}_{58}$ . El piroxeno se presenta en todas las rocas, ya sea como fenocristal o formando parte de la matriz; la mayor parte son diopsidos y sólo hay algunas augitas. La variación composicional de los núcleos de los fenocristales de piroxeno es de  $\text{En}_{38-46}$   $\text{Wo}_{51-40}$  mientras que en los cristales de la matriz es de  $\text{En}_{36-42}$   $\text{Wo}_{51-43}$ . Tanto la plagioclasa como los minerales opacos aparecen fundamentalmente como constituyentes de la matriz. La composición más frecuente de las plagioclasas es de  $\text{An}_{73}$  a  $\text{An}_{55}$ . Los minerales opacos más abundantes son de la serie magnetita-ulvoespinela. Sólo algunos de los óxidos se presentan como inclusiones dentro de piroxenos y olivinos, estos últimos se clasifican principalmente como espinelas cromíferas. En general, la variabilidad química de una misma fase mineral dentro de una roca es similar a la existente en la misma entre los distintos tipos litológicos. No se observa relación directa entre la litología y la composición química mineral.

En el diagrama T.A.S. las rocas se proyectan en los campos de picrobasalto, basalto, basanita, traquibasalto y tefrita, en el límite entre el campo alcalino y fuertemente alcalino, con una gran continuidad entre todos los términos.

### Procesos de evolución

En líneas generales, las tendencias de variación de los elementos mayores y traza apuntan a que han sido los procesos de cristalización fraccionada los principales

causantes de la variabilidad composicional observada en estas rocas. Esto puede deducirse por ejemplo a partir de los diagramas en los que se proyectan dos elementos compatibles, como  $\log\text{Cr}/\log\text{Ni}$  (Allegre y Minster, 1978) en el que los análisis se distribuyen a lo largo de una recta alineada con el origen. En las representaciones gráficas en las que se proyectan dos elementos incompatibles la pauta que dibujan estas rocas es también una recta que pasa por el origen, lo que en este caso puede explicarse tanto por procesos de fusión como de cristalización fraccionada. En cambio, en los diagramas que combinan elementos fuertemente incompatibles y moderadamente incompatibles (como  $\text{Ce}/\text{Ce}/\text{Y}$  o  $\text{Th}/\text{Th}/\text{Y}$ ) podemos observar que las picritas, basaltos picrícticos y basaltos presentan variaciones composicionales justificables por diferencias en los procesos de fusión, mientras que las rocas más evolucionadas (basaltos afaníticos y traquibasaltos) dibujan pautas propias de los procesos de cristalización fraccionada.

El valor de MG de las rocas varía desde términos poco evolucionados a términos con grados de evolución medio (de 67 a 42). En general se aprecia que a medida que disminuye el contenido en MgO aumenta el de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ . El  $\text{K}_2\text{O}$  lo hace de forma continua, reflejando que no entra en ninguna de las fases principales. Por el contrario,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$  aumentan de forma más moderada hasta un contenido próximo al 6% de MgO, y mucho más cuando el MgO desciende por debajo de ese valor. En líneas generales también aumenta la proporción de  $\text{SiO}_2$  según decrece el contenido en MgO, pero con una gran dispersión de los datos en las muestras más magnésicas. El  $\text{FeO}_T$  y el CaO permanecen constantes para contenidos en MgO superiores al 6%, disminuyendo bruscamente a continuación. En el caso del  $\text{TiO}_2$  la pauta cambia radicalmente, hasta el 6% MgO se produce un aumento con la disminución del MgO, mientras que por debajo del 6% el titanio decrece bruscamente.

Los elementos traza compatibles (Cr, Co, Ni) disminuyen con el MgO confirmando la importancia de los procesos de fraccionamiento de fases máficas. La tendencia del Co es la menos lineal y la que posee mayor dispersión. Las tendencias de variación del Ba, Nb, Hf, Sr, Ta, Th, U, Y y Zr son las típicas de elementos incompatibles: enriquecimiento del elemento en el líquido según progresa la diferenciación, es decir, con la disminución en MgO. En todos ellos, se produce un cambio en la pendiente de la pauta próxi-

mo al 5-6% de MgO. En el Ba, Hf y U este cambio de pendiente es menos acusado. El Rb aumenta de manera constante con el descenso en MgO.

Estas pautas pueden explicarse esencialmente mediante procesos de cristalización fraccionada, en los que se podrían distinguir dos etapas, separadas por el momento de la evolución magmática representado por el 6% de MgO. En la primera etapa, el descenso en MgO es consecuencia de la extracción de minerales ferromagnesianos, como olivino y clinopiroxeno en proporciones similares (CaO a grandes rasgos constante); la plagioclasa no interviene, por lo que se observa un incremento continuo del  $Al_2O_3$ . A partir de dicho valor en MgO, que corresponde a basaltos afañticos y traquibasaltos, disminuye el contenido en CaO,  $TiO_2$  y  $FeO_T$  y aumenta el  $Al_2O_3$ , lo que indica que el clinopiroxeno pasa a ser la fase principal en la evolución magmática. El descenso en  $FeO_T$  y  $TiO_2$  puede estar relacionado también con el comienzo de la cristalización de los óxidos, que retienen estos componentes en su estructura.

Los espectros de Tierras Raras son los típicos de los basaltos alcalinos, con notables enriquecimientos en Tierras Raras ligeras frente a las pesadas:  $(La/Yb)_N = 14$  a 23. Todas las muestras poseen la misma tendencia de variación, con valores más elevados en los tipos rocosos más diferenciados. No existe anomalía de Eu lo que confirma la escasa participación de la plagioclasa en los procesos de evolución magmática, así como su ausencia en el proceso de fusión.

Aunque el proceso petrogenético fundamental que ha controlado la evolución geoquímica de esta serie es la cristalización fraccionada, este fenómeno no ha sido sencillo, ni ha sido una evolución en un proceso único. La variación composicional en el tiempo (en la vertical) no puede explicarse únicamente mediante fenómenos de diferenciación magmática ya que no siempre se suceden términos cada vez más evolucionados. En algunos casos, la sucesión de tipos rocosos refleja posibles procesos de acumulación (términos picríticos); en otros, nuevos aportes de magma. Todo ello trae como consecuencia que a lo largo de la columna (fig. 2) alternen términos

litológicos con diferentes grados de evolución. Esta alternancia o superposición de procesos magmáticos no sucede de manera regular, por lo que no es sencillo individualizar ciclos evolutivos precisos. En cualquier caso, la composición de los magmas generados ha debido ser muy homogénea, puesto que las diferencias tanto entre los distintos tipos litológicos, como a lo largo del tiempo son significativas, pero relativamente pequeñas.

Por otra parte, hay que considerar que la sucesión de coladas de Agulo se encuentra bastante lejos de los posibles centros de emisión, por lo que nos encontramos ante una serie que, evidentemente, no es completa. Si consideramos como finales de "ciclo" los términos más diferenciados, podemos distinguir, a grandes rasgos, seis ciclos evolutivos (fig. 3). Se observa que en el inicio de cada ciclo se dan dos circunstancias distintas: o bien los primeros términos son basaltos olivínicos u olivínico-piroxénicos, o bien se trata de picritas o basaltos picríticos (posiblemente generados por procesos de acumulación magmática). En todos los casos los ciclos finalizan con traquibasaltos, sin que progrese más la evolución. Al margen de estos ciclos, en general, se observa que los términos picríticos son más abundantes en la parte baja de la serie y los traquibasálticos en la parte alta.

Aunque no todas las muestras han podido ser analizadas, el estudio de la variabilidad vertical (no completa) permite identificar claramente los mencionados ciclos (fig. 3). Uno de los elementos que mejor los caracteriza es el MgO, pero también son evidentes en los demás elementos, tanto en aquellos que aumentan como en los que disminuyen a lo largo de los procesos de evolución magmática. En la figura 3 hemos representado la sucesión en la vertical de los distintos tipos litológicos junto a la variación de determinados elementos de aquellas rocas de las que poseemos análisis químico. En todos los casos se observa que los datos existentes son representativos y reproducen los ciclos descritos. Como cabía esperar teniendo en cuenta la evolución de estas rocas, las pautas de variación del MgO y el CaO son similares y opuestas a la del  $Al_2O_3$ . Las muestras más evolucionadas, los traquibasaltos, y por lo tanto el final de cada ciclo, viene marcado por un

mínimo en los valores de MgO y CaO y el consiguiente máximo en el  $Al_2O_3$ . En el caso del Zr y del sumatorio de las Tierras Raras ( $\Sigma REE$ ) se reconocen tendencias propias de elementos incompatibles, es decir, enriquecimiento conforme progresa la evolución magmática. Así, las rocas más diferenciadas son las que poseen los máximos valores en estos elementos, cerca o por encima de las 350 ppm en Zr y de las 400 ppm en la suma total de las Tierras Raras ( $\Sigma REE$ ). Por el contrario, las muestras que representan un menor grado de evolución poseen valores inferiores a las 230 ppm en ambos casos.

Tanto las características petrológicas como geoquímicas de los Basaltos Horizontales en el sector de Agulo indican que se trata de una sucesión de coladas generadas fundamentalmente mediante procesos de cristalización fraccionada en un fenómeno magmático relativamente rápido, pero no sencillo. Los ciclos definidos a partir de la variabilidad litológica y química en el tiempo (fig. 3) permiten interpretar que en la evolución magmática de estas rocas actuaron, simultáneamente a la cristalización fraccionada, otros procesos que modificaron la tendencia general, posiblemente recargas de magma en la cámara.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto PB 98-0759.

## Referencias

- Allegre, C.J. & Minster, J.F. (1978) *Earth Planet. Sci. Lett.* 38, 1-25.
- Ancochea, E.; Brändle, J.L.; Cubas, C.R.; Hernán, F. & Huertas, M.J. (1993) *Men. R. Acad. C. Exac. Fis. Y Nat.* 27, 151 pp.
- Bravo, T. (1964) *Estudios Geol.* 20, 1-21.
- Cantagrel, J.M.; Cendrero, A.; Fúster, J.M.; Ibarrola, E. & Jamond, C. (1984) *Bull. Volcanol.* 47-3, 597-609.
- Cendrero, A. (1971) *Estudios Geol.* 27, 3-73.
- Cubas Padilla, C. (1978) *Estudios Geol.* 34, 53-70.
- Rodríguez Losada, J.A. (1988). *El Complejo Traquítico-Fonolítico de La Gomera (Islas Canarias)*. Tesis Doctoral. U. Complutense, Madrid, 414 pp.